

大飯発電所1号機プラント排気筒ガスモニタの 一時的な指示値の上昇について（原因と対策）

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

大飯発電所1号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力117.5万kW）は平成21年8月20日から第23回定期検査中のところ、10月12日、19日の同時刻（10時10分から約10分間）にプラント排気筒ガスモニタの指示値が、僅かに上昇（通常値約14.5cps→最大約18.1cps）していることが確認された。また19日には、原子炉補助建屋内の空気を吸引し測定している放射線モニタ（仮設）でも同時刻に上昇していることが確認された。

10月19日までの調査で、定期検査中である1号機側で運転操作や作業に伴う放射性気体廃棄物の放出はなく、一方、運転中である2号機の化学体積制御タンク*の気相部（水素及び放射性ガス）を処理している気体廃棄物処理系統に設置しているガス分析装置の自動校正が同時刻に行われていることが判明したことから、これらの因果関係を調査することとした。

排気筒から放出された放射性気体廃棄物の量は、12日および19日の上昇分合計で、約 1.0×10^9 ベクレルと評価されたが、この量は、保安規定に基づく大飯発電所の希ガス放出管理目標値（ 3.9×10^{15} ベクレル/年）に比べ十分低く、周辺環境等への影響はなかった。

*：化学体積制御タンク：化学体積制御系の設備で、原子炉容器や配管内の一次冷却材の量を調整するためのタンク。

[平成21年10月19日 公表済]

1 調査結果

(1) 気体廃棄物処理系（1・2号機共用）の運転実績の調査

- ・大飯1・2号機では、運転中、1次系の化学体積制御タンクの気相部（水素ガス）を定期的に取り出し、ガス圧縮機および水素再結合装置を循環しながら、放射性気体廃棄物処理系のガス減衰タンクに圧縮し貯留している。この際、水素ガスは水素再結合装置にて水にすることで貯留するガスの容積を小さくしている。
- ・大飯2号機では、8月31日、燃料漏えいの疑いが発生したことから、翌日から、1次冷却材中に含まれる放射性ガス（希ガス）濃度が上昇していくのを抑えるため、気相部の取り出しを連続して実施していた。
- ・水素再結合装置は、2系列（A、B）あり、通常は一系統を運転して

おり、9月1日からの処理ではB系が使用されていた。

- ・水素再結合装置では、水素濃度に応じて酸素量を適切に調整する等のため、装置の入口側と出口側での水素濃度及び酸素濃度を分析（ガス分析装置）している。
- ・この分析装置では、各濃度の検出計を定期的に自動校正^{*1}する仕組みが備わっており、今回、プラント排気筒ガスモニタが上昇した際には、入口側の酸素濃度計で自動校正^{*1}が行われていた。

*1：入口酸素濃度計は、タイマーにより168時間（7日）毎に約10分間、自動校正（計器のゼロ点調整とスパン調整）が行われるように設定されていた。

（2）ガス分析装置の入口側酸素濃度計の調査

- ・酸素濃度計の自動校正は、以下の順序で弁等が自動操作される。
 - ①水素再結合装置につながる入口弁を閉じた後、窒素ガスを流して濃度計内に残留しているガスを廃棄物処理系（ガス圧縮機側）に排出する。
 - ②出口弁をガス圧縮機側から排気筒側（1号機）に切り替えて、校正用ガス（窒素、一定濃度の酸素）を流して自動校正を行う。
- ・これら一連の動作に関係する弁等について、校正作業中の圧力状態を模擬した漏えい試験を行ったところ、ガス圧縮機側出口弁でわずかな漏れが認められた。

（3）入口酸素濃度計のガス圧縮機側出口弁の調査

- ・当該弁は、弁体の自重とバネ力により、弁体先端のゴム製シート部を弁座に押しつけて閉止する構造となっている。
- ・通常当該弁は開となっているが、自動校正中（排気筒側への切替時）には、弁は閉となるが、弁体で締め切れられた下流側にはガス圧縮機側の圧力（高い）が、弁体の上流側（排気筒側）は大気圧となり、この圧力差で弁体が持ち上げられる方向に働き、シート部の押しつけ力が弱まることがわかった。
- ・ガス分析装置の弁は平成11年の定期検査で取替えを行い、その後は動作確認を行っていた。
- ・原因調査として実施した分解点検の結果では、バネや弁座等の構成部品に異常は認められなかったが、ゴム製シート部の弁座とのあたり位置にできる凹みが若干深く、幅広くなっていることや、ゴムが若干硬化していることが確認された。
- ・A系の同じ弁について確認したところ、自動校正装置設置当初^{*2}から弁閉止時に弁体を押し付ける方向に設置されていた。
（弁の取り付け方向がB系とは逆）

*2：B系は昭和61年、A系は昭和62年に取替えられ、自動校正となった。

2 推定原因

- ・1号機プラント排気筒ガスモニタが上昇した原因は、燃料漏えいに伴い通常より高い濃度となっていた2号機の放射性ガス（希ガス）を処理していたB－水素再結合装置で、入口酸素濃度計の自動校正時に、ガス圧縮機側出口弁のシート部に漏れが発生し、放射性気体廃棄物処

理系統内の高い濃度の希ガス^{*3}が、1号機プラント排気筒から放出されたためと推定された。

- ・ 出口弁のシート部の漏れは、当該弁が閉止した状態で、弁体を押し上げる圧力が作用するような取付けを行っていたためと推定された。

*3：2号機の希ガス濃度は10月上旬からそれまで値より約5倍(2260Bq/cm³ → 9700Bq/cm³)上昇していた。

3 対策

- ・ 当該弁を新品に取り替えるとともに、その設置にあたっては、自動校正中にシート漏れが起きない向きに取り付けた。(B系のみ)
- ・ 濃度計(全4台)のプラント排気筒側への排出ラインは栓をして使用しないこととし、自動校正用ガスは全てガス圧縮機側に排出し、気体廃棄物処理系で処理することとした。(A, B系とも)

今回の事象を受けて、A-水素再結合装置のガス分析装置を確認したところ、自動校正中にシート部の漏れが起きないように弁の取り付け方向を配慮しており、B系の当該弁については、その配慮が反映されず、今回の事象に至るまで取り付け方向が改善されていなかった。

このことを踏まえ、放射性ガスの放出にかかる系統設備について、設備設計に問題がないかを設計根拠や実際の設備動作等を書類及び現地調査により確認していく。

4 原因調査のなかで判明した事象

原因調査のなかで、B系のガス分析装置において以下のことを確認した。

1) 配管継手部からの漏れ

分析装置の配管について漏えい検査を行ったところ、窒素ガスによる検査では異常は認められなかったものの、ヘリウムガスによる検査^{*}では配管継手部3箇所(入口酸素濃度計、入口水素濃度計、出口水素濃度計の各々1箇所ずつ)からごく僅かな漏れ(0.00016~0.00033cc/秒)が認められた。

対策として継手部の増し締めを行い、再度、ヘリウムガスにより漏れないことを確認するとともに、定期検査時には、ヘリウムガスによる漏えい検査を行うこととした。

^{*} ヘリウムガスによる漏えい検査：配管内をヘリウムガスで満たし、漏れがないかどうか管の外側を専用のヘリウムガス検知器で調べる検査。窒素ガスと発泡剤による目視検査と比べて、精度が高く、ごく僅かな漏れを検知できる。

2) 自動校正動作の不適切な設定

濃度計の自動校正時には各弁が自動的に開、閉動作をすることで、濃度計内に残留した放射性ガスを廃棄物処理系に排出している。この弁の動作について調査を行ったところ、弁の動作時間が短く、濃度計内に僅かに放射性ガスが残り、排出先が排気筒に切り替わった際に、そのガスが排出されることが分かった。

今後、排気筒側への排出ラインは閉止することから、残った放射性ガスが排気筒に排出されることはない。

これらの事象を踏まえ、A系についても確認を行った結果、問題は認められなかった。

なお、これらの事象は排気筒モニタの指示値上昇の原因とは関連性はなく、影響については、漏れ量のごく僅かであることや、排気筒モニタの有意な変動がないことなどから、周辺環境への影響はないと評価された。

5 大飯発電所2号機の状況について

大飯発電所2号機は、定格熱出力一定運転中の平成21年8月31日に、1次冷却材中のヨウ素（I-131）濃度と希ガス濃度が、前回の測定値を若干上回ることが確認されたため、燃料漏えいの疑いがあると判断し、1次冷却材中の放射能濃度の測定頻度を上げて監視を強化し、運転を継続してきた。

その後、1次冷却材中のヨウ素濃度（I-131）は、保安規定で定めている運転上の制限値（63,000Bq/cm³）に比べて十分低いものの、10月6日頃から希ガス濃度が増加傾向にあることから、漏えい燃料の特定調査をするため、10月21日15時に出力降下を開始し、同日23時に発電を停止した後、23時54分に原子炉を停止した。

[平成21年10月19、21日 記者発表済]

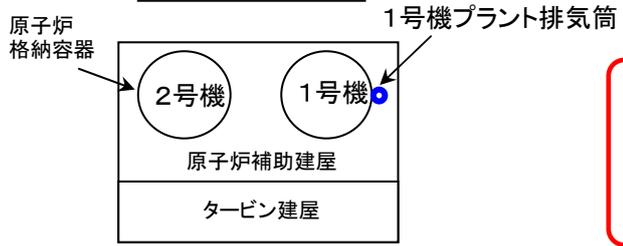
原子炉停止後、1次冷却材中に溶けているヨウ素などの放射性物質については化学体積制御系の浄化装置に吸着させて取り除くとともに、希ガスなどの放射性ガスについては気体廃棄物処理系のガス減衰タンクに排出することにより、1次冷却材中の放射能を低減させた後、原子炉容器上部ふたを取り外し、12月4日から7日朝にかけて、原子炉に装荷された燃料集合体（193体）を使用済燃料ピットに取り出した。現在、漏えい燃料特定のため、取り出した燃料集合体について SHIPPING 検査*を実施している。

*：漏えい燃料集合体から漏れ出てくる核分裂生成物（キセノン-133、ヨウ素-131など）の量を確認し、漏えい燃料集合体かどうか判断する。

問い合わせ先(担当：有房)
内線2354・直通0776(20)0314

大飯発電所1号機プラント排気筒ガスモニタの一時的な僅かな指示値の上昇の原因と対策について

発生場所



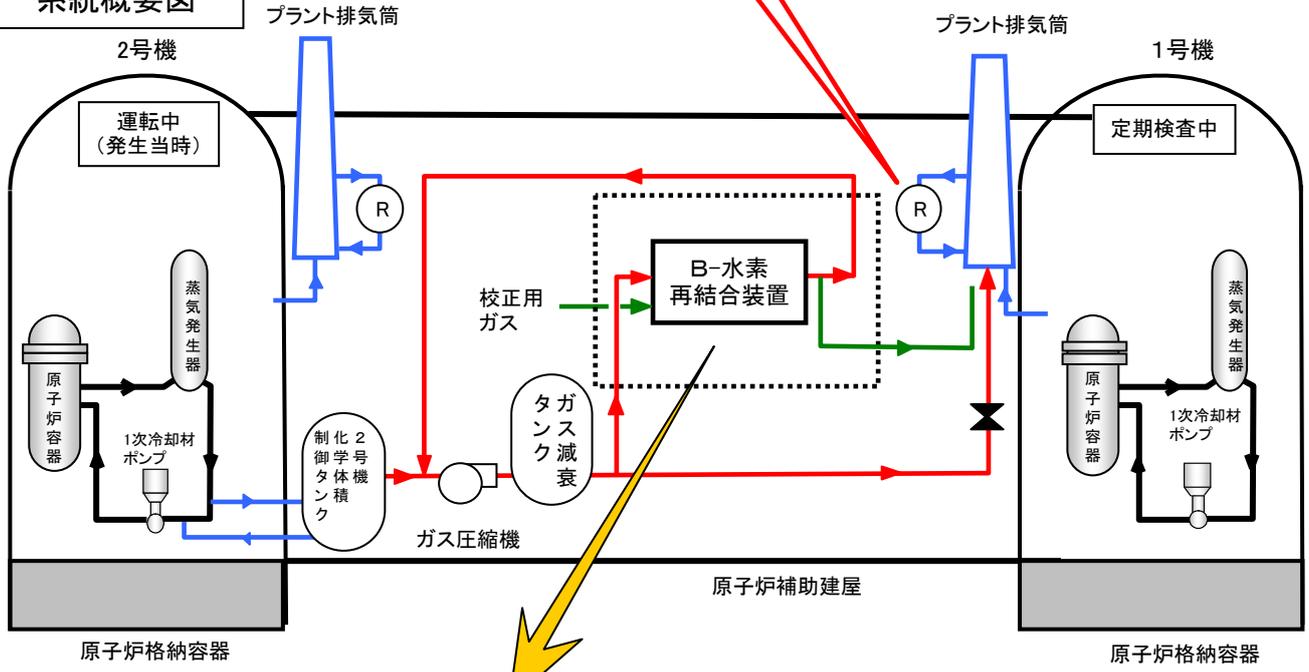
系統概要図

【指示値(1分間平均値)】

10月12日	14.5cps (通常値)	⇒	18.1cps (最大値)
10月19日	14.5cps (通常値)	⇒	18.1cps (最大値)

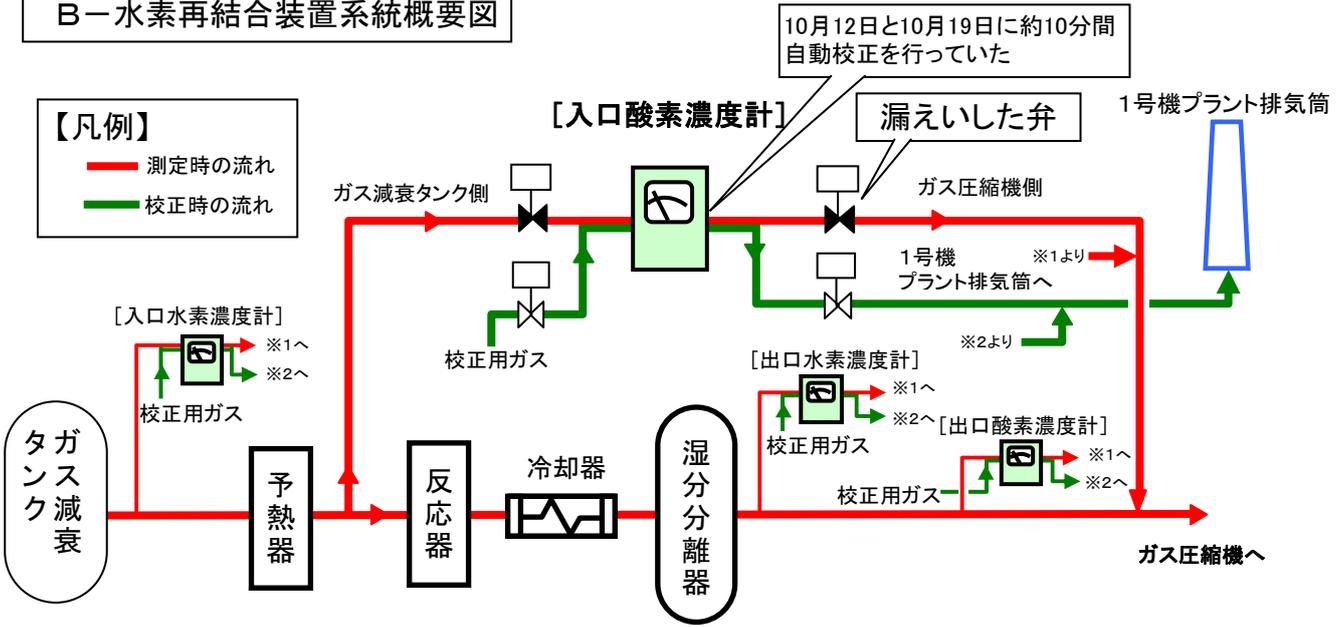
【cps(counts per second)】
放射線測定器において1秒間に測った放射線の数を表す単位。

系統概要図



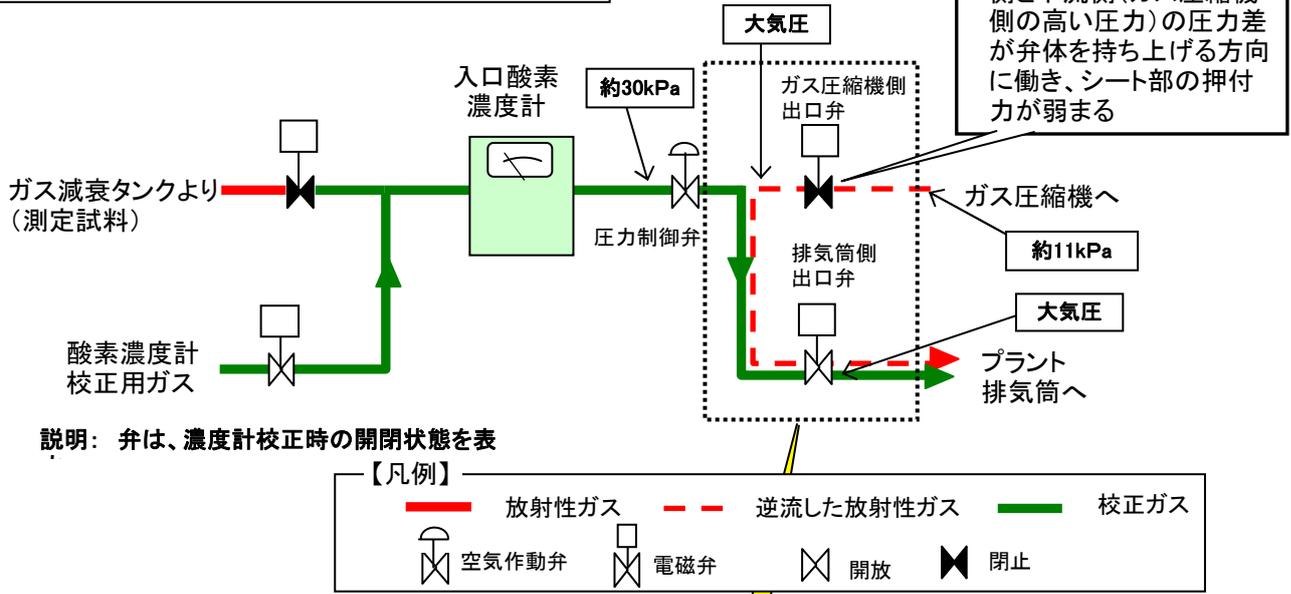
B-水素再結合装置系統概要図

【凡例】
— 測定時の流れ
— 校正時の流れ



発生メカニズム

B-水素再結合装置 入口酸素濃度計(校正時)



弁閉止時は、弁の上流側と下流側(ガス圧縮機側の高い圧力)の圧力差が弁体を持ち上げる方向に働き、シート部の押付力が弱まる

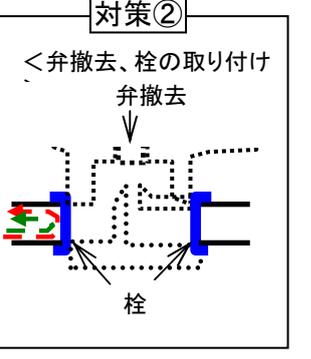
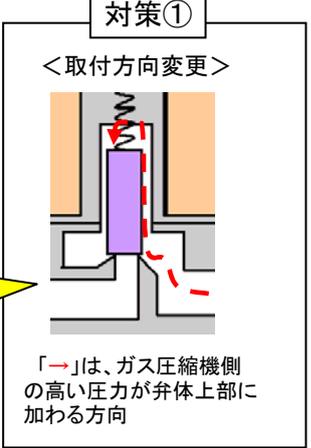
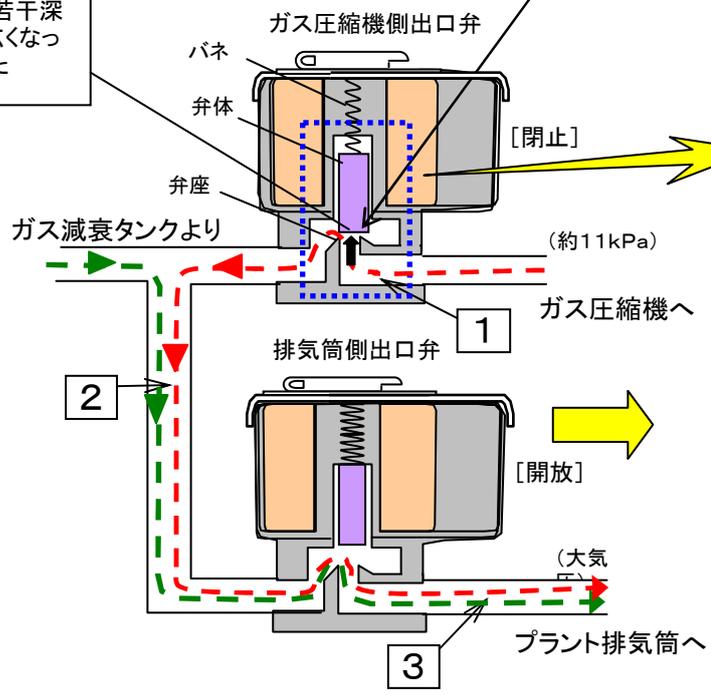
ガス圧縮機側出口弁からの漏えいメカニズム



ガス圧縮機側の高い圧力により、押し付け力が低下し漏えい

メカニズム

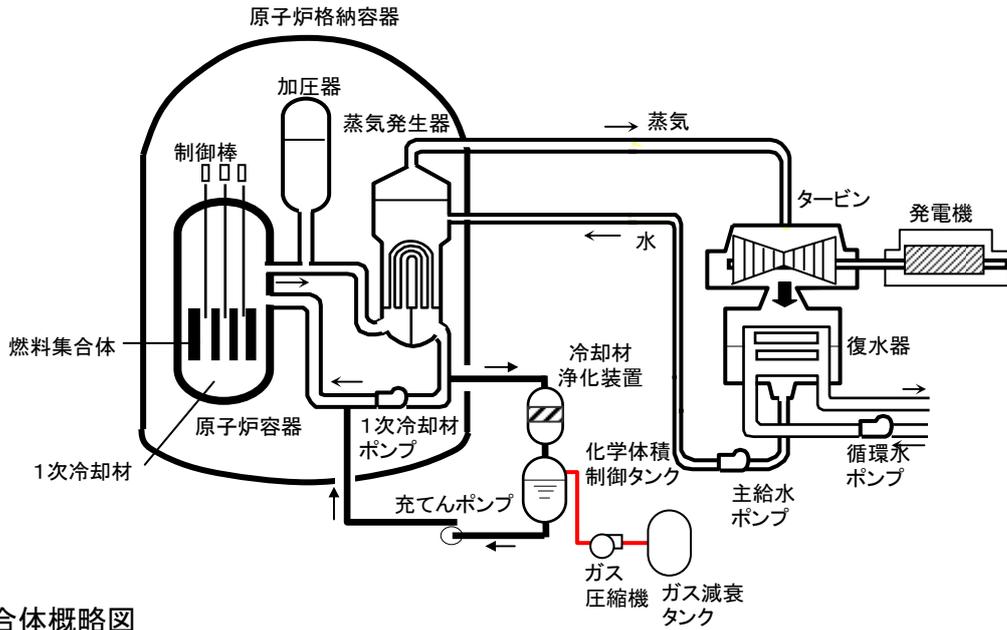
- 1 上流側の圧力より弁の下流側の圧力が高く、シート漏えい
 - 2 ガス減衰タンクの放射性ガスが、弁上流側に逆流
 - 3 プラント排気筒へ放出
- プラント排気筒ガスモニタ指示値上昇



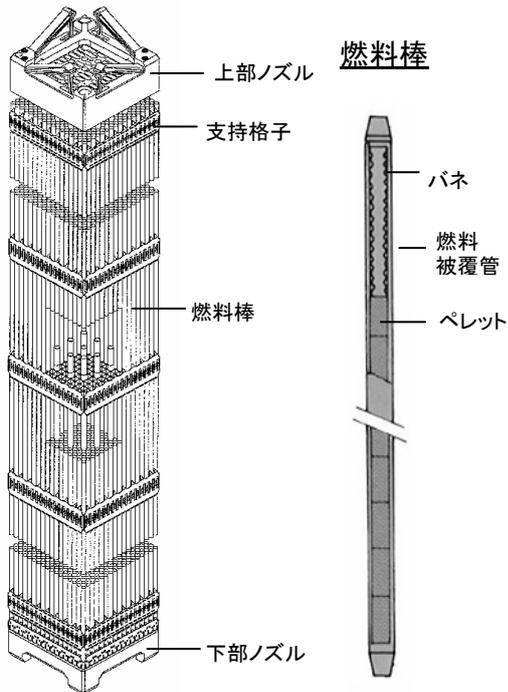
対策

- ① 当該弁を取替えるとともに、設置に当たっては自動校正中のシート漏れが起きない方向に取り付けた。
- ② また、プラント排気筒側への排出ラインは栓をして使用しないこととし、校正用のガスはすべてガス圧縮機側に排出し、気体廃棄物処理系で処理することとした。

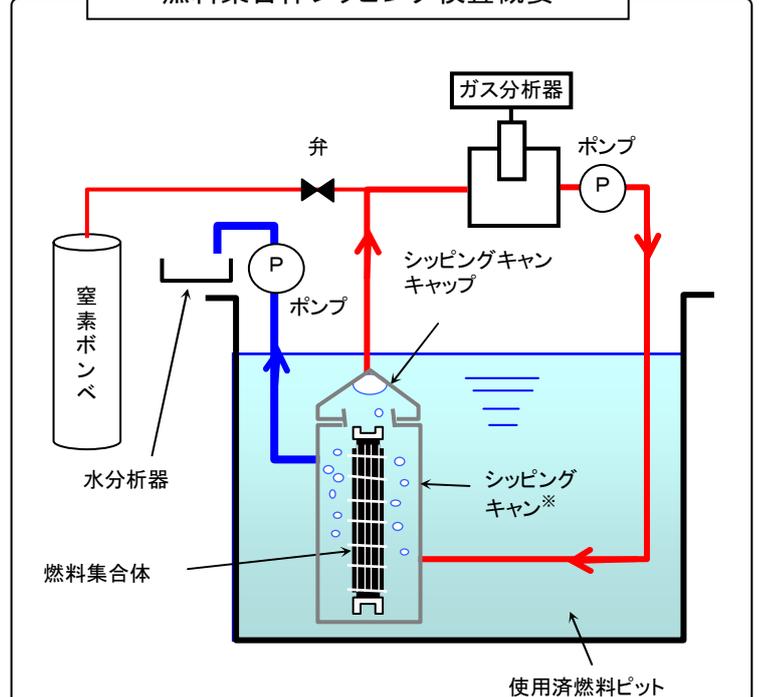
概略系統図



燃料集合体概略図



燃料集合体 SHIPPING 検査概要



【燃料集合体の仕様】

燃料タイプ: 17×17型
 全長: 約4m
 全幅: 約20cm
 支持格子数: 9個
 燃料被覆管材質: ジルカロイ-4^{※1}または
 ジルコニウム基合金^{※2}
 燃料被覆管外径: 約10mm
 燃料被覆管肉厚: 約0.6mm
 装荷体数: 193体

※1: 最高燃焼度48,000MWd/tの燃料
 ※2: 最高燃焼度55,000MWd/tの燃料

※: SHIPPING キャン
 燃料集合体を使用済燃料ピット水から遮断し、燃料集合体の温度を若干上昇させ、漏えい燃料棒から核分裂生成物の放出を促すためのもの